

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 21/00, G01B 9/02, 11/02	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/27917 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 19. Oktober 1995 (19.10.95)														
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/01301 (22) Internationales Anmeldedatum: 9. April 1995 (09.04.95) (30) Prioritätsdaten: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">1088/94-3</td> <td style="width: 30%;">11. April 1994 (11.04.94)</td> <td style="width: 40%;">CH</td> </tr> <tr> <td>1089/94-5</td> <td>11. April 1994 (11.04.94)</td> <td>CH</td> </tr> <tr> <td>1090/94-1</td> <td>11. April 1994 (11.04.94)</td> <td>CH</td> </tr> <tr> <td>1091/94-3</td> <td>11. April 1994 (11.04.94)</td> <td>CH</td> </tr> <tr> <td>1092/94-5</td> <td>11. April 1994 (11.04.94)</td> <td>CH</td> </tr> </table> (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEICA AG [CH/CH]; CH-9435 Heerbrugg (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SPINK, Roger [DE/CH]; Schloss Grünenstein, CH-9436 Balgach (CH). BRAU-NECKER, Bernhard [DE/CH]; Haldenweg 10, CH-9445 Rebstein (CH). ZIMMER, Klaus-Peter [DE/CH]; Tödistrasse 35, CH-9435 Heerbrugg (DE). MAYER, Thomas [AT/AT]; Haldenstrasse 11a, A-6845 Hohenems (AT). ROGERS, John, Rice [US/CH]; Brändlihangstrasse 1, CH-9435 Heerbrugg (CH).	1088/94-3	11. April 1994 (11.04.94)	CH	1089/94-5	11. April 1994 (11.04.94)	CH	1090/94-1	11. April 1994 (11.04.94)	CH	1091/94-3	11. April 1994 (11.04.94)	CH	1092/94-5	11. April 1994 (11.04.94)	CH	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
1088/94-3	11. April 1994 (11.04.94)	CH														
1089/94-5	11. April 1994 (11.04.94)	CH														
1090/94-1	11. April 1994 (11.04.94)	CH														
1091/94-3	11. April 1994 (11.04.94)	CH														
1092/94-5	11. April 1994 (11.04.94)	CH														

(54) Title: METHOD OF DETERMINING THE POSITION OF A FEATURE ON AN OBJECT RELATIVE TO A SURGICAL MICROSCOPE AND A DEVICE FOR CARRYING OUT THE METHOD

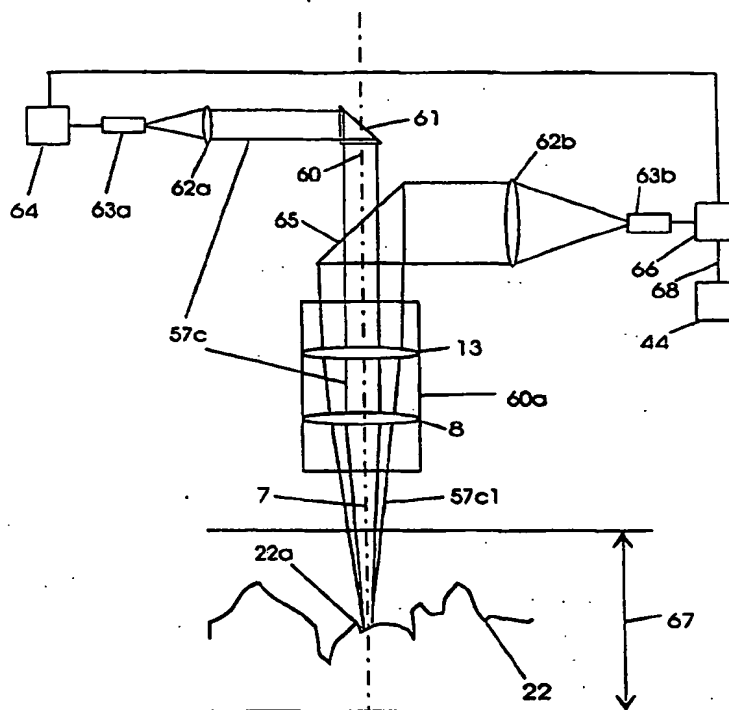
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER LAGE EINES OBJEKTDDETAILS RELATIV ZU EINEM OPERATIONS-MIKROSKOP UND VORRICHTUNG DAZU

(57) Abstract

The invention concerns a surgical microscope in which, to determine the distance between the microscope (8, 13) and the object (22), the travel time of a beam of light (57c) emanating from the microscope and reflected by the object is determined. The travel time is determined by phase measurement or by interference matching. In the case of direct phase measurement, modulated light is used. In the case of interference matching, partly coherent light is used. In order to ensure high accuracy over a wide measurement range, the two measurement methods are preferably used in combination.

(57) Zusammenfassung

Ein Operationsmikroskop sieht zur Bestimmung der Distanz zwischen dem Mikroskop (8, 13) und dem Objekt (22) eine Bestimmung der Laufzeit eines vom Mikroskop ausgehenden und am Objekt reflektierten Lichtstrahles (57c) vor. Die Laufzeit wird durch eine Phasenmessung oder durch einen Interferenzabgleich bestimmt. Beim Messverfahren mit der direkten Phasenmessung wird moduliertes Licht verwendet. Beim Interferenzabgleich wird teilweise kohärentes Licht eingesetzt. Um eine hohe Messgenauigkeit über einen grossen Messbereich zu erreichen, werden die beiden Messverfahren vorzugsweise kombiniert angewendet.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Verfahren zur Ermittlung der Lage eines Objektdetails relativ zu einem Operationsmikroskop und Vorrichtung dazu

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 10.

Operationsmikroskope dienen einem Operateur zur optischen Vergrößerung des Gebietes, in dem eine Operation durchgeführt werden soll. Es gibt grundsätzlich drei verschiedene Arten von Operationsmikroskopen, die alle im Sinne der Erfindung gemeint sind. Das sind erstens

- rein optische Mikroskope, das heisst, Mikroskope, die nur optische und mechanische Bauteile enthalten, wobei deren Ausgang dem Auge zugewandt ist; zweitens

- reine Videomikroskope, das heisst, Mikroskope, die optische, mechanische und optoelektronische Bauteile aufweisen, wobei der optische Ausgang des Mikroskopes ausschliesslich einer optoelektronischen Bildaufnahmevorrichtung (z.B. einem CCD) zugewandt ist und das aufgenommene Bild ausschliesslich elektronisch weiterverarbeitet und gegebenenfalls über ein Display dargestellt wird; und drittens

- gemischte Videomikroskope, die bauliche Merkmale der Mikroskope nach erstens und zweitens gemeinsam enthalten, das heisst, dass ein Ausgang sowohl einem visuellen Betrachter direkt als auch einer Bildaufnahmevorrichtung zugewandt ist.

Um jederzeit eine optimale Darstellung des zu operierenden Gebietes zu erreichen, muss die Sehfeldebene immer auf ein zu bearbeitendes Objektdetail gelegt werden können. Da die Scharfstellung häufig nicht aufgrund der dargestellten Objektstrukturen erreicht werden kann, müssen ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgesehen werden, mittels derer das Aufeinanderlegen der Sehfeldebene und des Objektdetails, bzw. das Bestimmen der Lage eines Objektdetails ermöglicht wird. Die genaue Kenntnis der Lage des Objektdetails ist vor allem dort wichtig, wo bestimmte, vorher ermittelte Schnittiefen oder Schnittlängen einzuhalten sind, bzw. wo sich der Operateur mit einem Operationswerkzeug an bestimmte Weglängen zu

halten hat, um eine präzise Operation durchführen zu können. Vor allem bei Operationen am Gehirn bzw. in der Mikrochirurgie ist dies häufig unerlässlich, um Beschädigungen von gesundem Gewebe zu vermeiden. Bei solchen Operationen hängt das Operationsergebnis (ob voller Erfolg oder Exitus) häufig von Bruchteilen von Millimetern ab. Deshalb wurden Anstrengungen unternommen, die Gebiete
5 von Millimetern ab. Deshalb wurden Anstrengungen unternommen, die Gebiete möglichst genau zu bestimmen und Grössenmessungen zu erlauben. Als Beispiel eines solchen bekannten Aufbaus wird auf die deutsche Patentanmeldung DE-A-4134481 verwiesen.

10 In der erwähnten DE-A ist ein Operationsmikroskop beschrieben, bei dem eine genaue Ortsbestimmung eines bestimmten, mittels Laserstrahl erzeugten Punktes auf einem betrachteten Objekt erfolgen soll. Dazu ist ein Anvisierverfahren vorgeschlagen, bei dem durch das "in Deckung bringen" von Sehfeldmarkierungen ein exaktes Fokussieren des Mikroskopes, bzw. ein Übereinstimmen von Sehfeldebene und Objektdetail, erreicht wird. Erst nach diesem Anvisierverfahren wird die exakte Position des markierten Objektdetails aus den optischen Systemdaten ermittelt. Diese Systemdaten sollen gemäss der DE-A durch geeignete Weg- bzw. Winkel-
15 detektoren an Antriebseinheiten für die jeweilige Verstellung verstellbarer optischer Bauteile ermittelt werden.

20

Die Ermittlung der Lage eines Objektdetails erfolgt somit indirekt, nach dem "in Deckung bringen" von Auge, oder über eine Bildverarbeitungseinrichtung durch das Messen von Wegen, Winkeln usw. über Sensoren, die mit Verstelleinrichtungen für optische Bauteile verbunden sind und über ein anschliessendes Berechnen
25 der entsprechenden Daten.

Dies ist in vielen Fällen unbefriedigend und ungenügend. Bereits das "in Deckung bringen" ist mit Fehlern behaftet. Ein weiterer Grund für Ungenauigkeiten liegt darin, dass sowohl die optomechanischen Bauteile als auch die mechanisch/elektrischen Bauteile (Sensoren) über Toleranzen verfügen, die sich u.U.
30 nichtlinear ändern. Daraus resultiert die Gefahr, dass derart ermittelte Positionsdaten nicht stimmen. Im Extremfall könnten solche unrichtigen Daten zu folgeschweren Fehlern bei der Arbeit des Operateurs führen. Etwas abgeschwächt werden solche Fehler eventuell durch - gemäss DE-A zwingend vorgesehene - Eichmes-

sungen am Patienten. Gerade diese sind jedoch nicht unbestritten und vor allem von der menschlichen Leistung der Bedienperson abhängig. Der bekannte Versuch, mechanische Toleranzen des Vergrößerungssystems bei der Montage des Mikroskopes zu erfassen und daraus eine Korrekturkurve zu ermitteln, die den aktuellen Daten überlagert wird, ist insofern ungenügend, als Toleranzen sich in Abhängigkeit unzähliger Faktoren ändern können und die dann verwendeten Korrekturkurven keinerlei Hilfe sind. Ausserdem ist das Ermitteln solcher Korrekturkurven selbst problematisch, vor allem zeitaufwendig. Ein entsprechendes Korrekturprogramm benötigt darüber hinaus zusätzliche Rechnerleistung und reduziert gegebenenfalls die Rechnergeschwindigkeit im Realtime-Bereich.

Wird im Anvisiervverfahren das bevorzugte Laser-Triangulationsprinzip verwendet, so muss ein Strahlengang gewählt werden, der beim Objekt einen Winkel zwischen dem eintreffenden und dem reflektierten Strahl vorsieht. Dieser Winkel ergibt bei Objektdetails, die sich in Vertiefungen befinden, Probleme, da die seitlichen Berandungen der Vertiefungen gegebenenfalls einen Strahlengang schräg nach aussen unterbrechen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem die erwähnten Nachteile vermieden werden und Positionsdaten schnell und zuverlässig auch für Objekte mit unebener Oberfläche bestimmt werden können.

Bei der Lösung dieser Aufgabe wird in einem ersten erfinderischen Schritt erkannt, dass die Lage eines Objektdetails direkt und nicht mittels eines Anvisiervfahrens und der anschliessenden Ermittlung von Positionsdaten des optischen Systems gemessen wird. Die Objektlage kann dabei unmittelbar bestimmt werden, ohne dass eine Fokussierung auf ein Objektdetail erfolgen muss. Bei Bedarf kann die Sehfeldebene durch Verstellen des optischen Systems mit der bestimmten Lage des Objektdetails in Übereinstimmung gebracht werden. In einem zweiten erfinderischen Schritt wird erkannt, dass zur direkten Lagebestimmung eines Objektdetails eine Bestimmung der Streckenlänge entlang eines Lichtbündels zwischen einer Referenzebene und dem Objektdetail durchgeführt wird. Unter Bestimmung dieser Streckenlänge im Sinne der Erfindung sind drei verwandte Methoden zu verstehen: Messung der Laufzeit eines Lichtpulses, Phasenmessung an einem modulierten

Lichtstrahl, wobei die Modulation entweder die Intensität oder die Polarisierung des Strahls betreffen kann, und eine Messung der Kohärenzbeziehung zwischen einem Referenzstrahl und einem Messstrahl.

- 5 Diese Methoden haben gemeinsam, dass die Länge der Strecke von der Referenzebene zum Objektdetail mit Hilfe der bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Lichtpulses gemessen wird.

10 Unter Phasenmessung im Sinne der Erfindung ist die Ermittlung der Phasendifferenz zwischen den Modulationsfunktionen von ausgesandten und empfangenen Lichtsignalen, z.B. Lichtpulsen zu verstehen, wobei die Modulation durch zeitliche Variation z.B. der Lichtquellenintensität dem Lichtbündel aufgeprägt wurde. Diese Messmethode kann in folgender Weise als Erweiterung der Laufzeitmethode verstanden werden, da eine zeitliche Folge emittierter Lichtpulse variabler Intensität
15 mathematisch als periodisch-modulierte Welle beschrieben werden kann. Die durch die endliche Geschwindigkeit des Lichts verursachte Zeitverzögerung offenbart sich demgemäß als Phasenverschiebung in der Modulationsfunktion des empfangenen Signals gegenüber der des ausgestrahlten Signals. Eine Messung dieser Phasenverschiebung ist also einer Laufzeitmessung äquivalent.

20

Die Ermittlung der Laufzeit als Phasendifferenz zweier Signalfunktionen lässt sich auch rein optisch verwirklichen:

25 Dazu wird die Lichtwelle, welche die Messstrecke zum Objekt hin und zurück durchläuft, mit einer geeigneten Referenzwelle verglichen. Dazu müssen beiden Wellen optisch überlagert werden. Die Überlagerung ergibt aber nur dann ein - über einen gewissen Zeitraum stationäres - Signal, wenn beide Wellen in fester Phasenbeziehung zueinander stehen. Diese Zeit der zeitlichen Phasenkonstanz nennt man die Kohärenzzeit; der Weg, den die Welle während dieser Zeit propagiert, die Kohärenzlänge. Diese Länge kann, je nach Erzeugungsmodus des Lichtes, zwischen Bruchteilen von mm bis zu 10 Kilometern. In der Praxis geht man
30 nun so vor, dass die emittierte Welle in zwei Anteile zerlegt wird, von denen der eine die eigentliche Messstrecke, der andere eine geeignete Referenzstrecke

durchläuft. Sind beide Strecken nun so abgestimmt, dass ihre Differenz innerhalb der Kohärenzlänge des Lichtes liegt, ergibt die optische Überlagerung beider Wellen auf einem Detektor ein mehr oder minder kontrastreiches, interferometrisches Muster, das elektronisch leicht zu messen oder detektieren ist. Der Kontrast ist
5 bekannterweise am grössten, wenn die optischen Wege oder gleichbedeutend die Laufzeiten des Lichtes in beiden Armen des Interferometers identisch sind. Aus der Bestimmung der aktuellen Länge des Referenzstrecke wird auf den zu ermittelnden Wert der Strecke zum Objektdetail geschlossen. Diese Streckenmessung im Referenzarm kann mechanisch oder mit einer der anderen Methoden gemacht
10 werden.

Für die Laufzeit- oder Phasenmessung wird eine zeitlich modulierte Lichtquelle (das ist beispielsweise eine pulsartig angesteuerte Leuchtdiode -LED, oder eine LED, der ein pulsartig angesteuerter Shutter - z.B. ein LCD - vorgeschaltet ist) ver-
15 wendet, während für die Interferenzmessung, wie ausgeführt, teilweise - kohärentes Licht verwendet. Physikalisch ist unter teilweise - kohärentem Licht im Sinne der Erfindung Licht zu verstehen, das eine endliche spektrale Bandbreite, das heisst verschiedene "Farben" aufweist. Dabei sind deren Frequenzen jedoch noch so ähnlich, dass das emittierte Licht in einem eingeschränkten Bereich phasen-
20 starre, also kohärente Eigenschaften aufweist, wobei die Kohärenzlänge geringer ist als beispielsweise bei hochkohärenten Lasern. Typische, erfindungsgemäss sinnvolle Kohärenzlängen erstrecken sich - in Abhängigkeit von den zu erwartenden Distanzen zwischen dem Mikroskop und dem Objektdetail - zwischen 1 mm und 1 m.

25

Bei einer modulierten Lichtquelle handelt es sich vorzugsweise um einen modulierten Halbleiterlaser, gegebenenfalls um eine modulierte LED, deren Lichtintensität vorzugsweise sinusförmig, gegebenenfalls aber dreiecksförmig moduliert ist. Die Modulationsfrequenz beträgt mindestens 10 Megahertz, vorzugsweise liegt sie zwi-
30 schen 30 und 200 Megahertz, insbesondere etwa bei 100 Megahertz. Die entsprechenden Modulations-Wellenlängen liegen vorzugsweise zwischen 10 m und 1.5 m, insbesondere etwa bei 3 m. Da der Lichtweg der doppelten Messdistanz entspricht, liegen die messbaren Messdistanzen unterhalb der halben Modulations-Wellenlängen. Die Messgenauigkeit hängt von der Phasenbestimmung der Modu-

lationsfunktion ab und soll im Bereich von wenigen Millimetern, vorzugsweise aber von Bruchteilen eines Millimeters, liegen.

Die Messgenauigkeit, die bei Interferenzabgleich mit teilweise - kohärentem Infrarotlicht mit Wellenlängen von etwa 100 μm bis 0.7 μm , bzw. mit visuellem Licht mit Wellenlängen von 0.7 μm bis 0.4 μm , erreicht wird, beträgt einige Mikrometer, bzw. Bruchteile von Mikrometer. Da es sich bei diesen hohen Genauigkeiten um kleine Messdistanzen handelt, ist es zweckmässig, neben dem Interferenzabgleich eine Grobeinstellungs-, bzw. Grobmesseinrichtung zu verwenden.

10

Eine vorteilhafte Ausführung sieht vor, dass als Grobmesseinrichtung die oben beschriebene Lagebestimmung mit moduliertem Licht eingesetzt wird, so dass zusammen mit dem Interferenzabgleich eine Bestimmung der Objektlage in einem grossen Messbereich mit äusserst hoher Genauigkeit ermöglicht wird. Neben dieser hohen Genauigkeit und Reichweite hat die beschriebene Methode einen weiteren wichtigen Vorteil gegenüber den bekannten Triangulationsmethoden. Eine Oberflächenstruktur des Objektes, die eine starke Streuung des reflektierten Bündels bewirkt, führt nämlich - sofern das Messstrahlenbündel nur schmal genug ist - bei der Streckenmessung nicht zu einer Verschlechterung der Messgenauigkeit. Bei der Triangulationsmethode hingegen wird die Genauigkeit des Anvisiervfahrens, insbesondere des "In-Deckung-Bringens", durch stark streuende und schlecht reflektierte Bündel beeinträchtigt.

In den meisten Anwendungsfällen ist es dabei wesentlich, dass das Messlichtbündel in unmittelbarem Abstand zur Mikroskopmittelachse auf das Objektdetail geführt wird und dass es - bevor es das Objektdetail trifft - mit seiner Bündelmittelachse möglichst parallel, d.h. in keinem oder höchstens in einem kleinen Winkel zur Mikroskopmittelachse gerichtet ist. Durch diese erfindungsgemässe Massnahme ist das Bestimmen der Mikroskoplage relativ zu den Objektdetails auch durch relativ enge Kavitäten möglich. Dementsprechend ist es auch sinnvoll, das Messlichtbündel in einem Bereich konzentrisch zur eben erwähnten Mittelachse des Lichtbündels abzutasten, sobald es vom Objektdetail reflektiert bzw. gestreut wurde.

- Die erfindungsgemässe Distanzmessung sieht einen Lichtweg vor mit einem ersten Teilweg vom optischen System zum Objekt und einem zweiten Teilweg vom Objekt zurück zum optischen System, so dass zwischen den beiden Teilen des Lichtweges im wesentlichen ein verschwindend kleiner Winkel angeordnet ist. Insbesondere sind die beiden Teilwege coaxial und im wesentlichen parallel, vorzugsweise aber auch coaxial, zur optischen Achse angeordnet. Diese Anordnung ist aufgrund des Verzichtes auf eine Triangulation möglich und hat den Vorteil, dass auch in Vertiefungen problemlos Messungen vorgenommen werden können.
- 10 Das Licht kann am Anfang des ersten Teilweges von der Messelektronik über Lichtleiter und Einblendeelement eingekoppelt und analog am Ende des zweiten Teilweges über Ausblendeelemente und Lichtleiter ausgekoppelt und der Messelektronik zugeführt werden. Gegebenenfalls kann der Lichtweg auch seitlich des optischen Systems beginnen und/oder enden. Es kann also ein einfacher Aufbau gewählt werden, der die optischen Eigenschaften des Mikroskops kaum beeinträchtigt. Ein Ein- bzw. Ausblendeelement kann infolge der Schlankheit eines Messlichtbündels, das bevorzugt aus einem Laserstrahl gewonnen wird, sehr klein gebaut sein. Es kann darüber hinaus in unmittelbarer Nähe zum Hauptobjektiv angeordnet sein, so dass es optisch, da pupillennah, unter der Wahrnehmbarkeitsgrenze liegt.
- 15 Als Ein-, bzw. Ausblendeelement kommen grundsätzlich alle spiegelnden Bauteile in Frage wie Strahlenteiler, Spiegel, reflektierende Prismenflächen usw.
- Eine von den beiden erwähnten, auch unabhängig anzuwendende Lösung einer anderen Aufgabe ergibt sich aus der Anwendung einer flachen Glasscheibe als
- 25 Trägerplatte für die Einblendeelemente. Eine solche Trägerplatte ermöglicht es, die betreffenden optischen Bauelemente in ihrer Baugrösse zu minimieren und möglichst nahe an das Hauptobjektiv heranzuführen. Die Montage und der mechanische Aufbau solcher Bauelemente bzw. deren Befestigungsvorrichtung wird dabei auch besonders einfach.
- 30 Gemäss einer besonderen Ausbildung der Erfindung wird der durch den Strahlenteiler für die Ausblendung hindurchgehende Teil des Messlichtbündels durch ein schmalbandiges Filter herausgefiltert, oder das Messlicht aus einem, für das menschliche Auge insensitiven Spektralbereich gewählt.

Die Erfindung ist auch bei allen anderen als den oben erwähnten Arten von Mikroskopen anwendbar, wobei bei Videomikroskopen der sich an der Bildaufnahmeverrichtung (z.B. am CCD) ergebende Bildpunkt auch elektronisch entfernbar ist, insbesondere dann, wenn er infolge einer speziellen zeitlichen Modulation am empfangenden CCD detektierbar ist.

Die Erfindung ist insbesondere im Zusammenhang mit einem Operationsmikroskop beschrieben. Im weitesten Sinn kann sie jedoch auch sinnvoll mit beliebigen anderen Mikroskopen und auch bei Endoskopen angewendet werden.

Hinsichtlich des Verfahrens zur Bestimmung von Positionsdaten wird insbesondere auf die Beschreibungsteile der erwähnten DE-A- verwiesen, die als im Rahmen dieser Beschreibung liegend geoffenbart gelten. Es sind dies insbesondere: Spalte 2 Zeile 13 bis Spalte 4 Zeile 5 sowie die Figuren 2-4 und die dazugehörigen Beschreibungsteile. Hinsichtlich der Möglichkeit, Bilddaten zu überlagern, wird ausserdem auf die folgenden Schweizer Patentanmeldungen verwiesen, deren entsprechende Beschreibungsstellen und Figuren als im Rahmen dieser Anmeldung liegend geoffenbart gelten. Es sind dies die Anmeldungen: CH949/94-2; CH1525/94-0; CH1295/94-8 und insbesondere CH1088/94-3 bzw. die auf diesen Anmeldungen basierende von den Anmeldern am selben Tag eingereichte PCT-Patentanmeldung.

Im Rahmen der Erfindung liegen verschiedene weitere Verfahren, Ausbildungsarten und Varianten dazu, die in den abhängigen Ansprüchen und in der nachfolgenden Figurenbeschreibung gekennzeichnet bzw. beschrieben sind. Darüber hinaus sind dem Fachmann nach Studium dieser Anmeldung sowie der hierin zitierten Dokumente unterschiedliche Kombinationen verschiedenster Merkmale zu hierin nicht unmittelbar beschriebenen Konstruktionen evident, die ebenfalls im Rahmen der Erfindung liegen.

Weitere Details und Ausführungen der Erfindung ergeben sich aus der Zeichnung. Die dort dargestellten Figuren zeigen:

Fig.1 eine schematische Darstellung eines Aufbaus zur Messung der Distanz zwischen dem Mikroskop und dem Objekt;

Fig.2 eine Distanzmessung entsprechend Fig.1 , jedoch mit Lichtquelle und Sensor räumlich zusammengefasst

Fig.3 eine Distanzmessung entsprechend Fig.2 inklusive einer interferometrischen Einheit zur Feinauflösung.

Fig.4 eine Distanzmessung gem. Fig.1 für Mikroskope mit getrennten Hauptpupillen (Greenough Typus);

Fig.5 ein Positionssystem mit Distanzmessung und Vergrößerungsmessung und

Fig.6 ein Detail einer Variante der Ein- bzw. Ausblendelemente der Fig.2-5.

Die Figuren werden zusammenhängend beschrieben. Gleiche Bezugszeichen bedeuten gleiche Bauteile. Gleiche Bezugszeichen mit unterschiedlichen Indizes bedeuten ähnliche bzw. funktionsähnliche Bauteile. Die Erfindung ist auf die dargestellten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt. Vor allem in Kombination mit den Lehren der oben angeführten Schweizer Patentanmeldungen und der oben angeführten deutschen Patentanmeldung lassen sich noch beliebige Varianten darstellen. Sie alle fallen unter den Offenbarungsinhalt dieser Anmeldung.

20

Fig.1 zeigt einen Mikroskopstrahlengang 60a mit einem schematisch angedeuteten Hauptobjektiv 8 und einem Zoom 13. Hinter dem Zoom 13 ist im wesentlichen im Bereich der optischen Achse 7 des Strahlenganges 60 ein Umlenkelement 61 als Einblendelement für einen quer zur optischen Achse 7 einfallenden Lichtbündel 57c angeordnet. Die Halterung des Umlenkelements 61 ist nicht dargestellt, da jedem Fachmann eine Vielzahl von Halterungen bekannt sind. Das einfallende Lichtbündel wird in einer Lichtquelle 64 erzeugt und vorzugsweise durch einen Lichtleiter 63a und ein Fokussierelement 62a gegen das Umlenkelement 61 geführt. Vom Umlenkelement 61 gelangt das Lichtbündel 57c vorzugsweise entlang der optischen Achse 7 zum Objekt 22, wo es an einem Objektdetail 22a reflektiert wird und durch die Mikroskopoptik 8, 13 zu einem zweiten Umlenkelement 65 gelangt und dort quer zur optischen Achse 7 gegebenenfalls durch ein Fokussierelement 62b und einen Lichtleiter 63b einem Sensor 66 zugeführt wird. Die Lichtquelle

64 und der Sensor 66 sind vorzugsweise miteinander verbunden, insbesondere handelt es sich um ein Messsystem mit einem Lichtleiterausgang 63a und einem Lichtleitereingang 63b.

- 5 Die Lichtquelle 64 liefert ein moduliertes Licht mit einer vorzugsweise sinusförmigen, gegebenenfalls aber dreiecksförmigen, periodischen Intensitätsschwankung. Vorzugsweise wird ein modulierter Laser, gegebenenfalls aber auch eine modulierte LED verwendet. Im Sensor 66, bzw. im Messsystem 64, 66 wird eine direkte Bestimmung der Phasenverschiebung des Modulationssignals auf dem Lichtweg
- 10 von der Lichtquelle 64 zum Sensor 66 bestimmt. Diese Phasenverschiebung wird über eine Leitung 68 einem Mikroprozessor 44 zugänglich gemacht. Der Prozessor 44 bestimmt aus der Phasenverschiebung der Modulationsfunktion, der Modulationsfrequenz, bzw. der Modulationswellenlänge und den Systemabmessungen die Distanz zwischen Mikroskop und Objekt. Vom Prozessor 44 kann die Mikroskopop-
- 15 tik so verstellt werden, dass die Sehfeldebene in der bestimmten Distanz zu liegen kommt.

- Der Messbereich für den gesamten Lichtweg beträgt im wesentlichen eine Modulationswellenlänge. Bei Modulationsfrequenzen von 50 oder 200 MHz ergeben sich
- 20 eindeutige Messbereiche von etwa 6 m, bzw. 1.5 m. Bei einem Mikroskop ist der effektiv benötigte Distanzbereich 67, in dem das Objekt bewegbar ist und in dem die Distanz messbar sein muss, sehr klein. Bei den oben aufgeführten Frequenzen entspricht der Distanzbereich 67 nur einem kleinen Anteil des halben Messbereichs, so dass die Distanz eindeutig bestimmt werden kann.

25

- Um eine möglichst grosse Genauigkeit zu erreichen, sollte die Modulationsfrequenz so gross wie möglich gewählt werden. Die heute bekannten Laser können nicht mit Frequenzen bis etwa 100 MHz moduliert werden. Es hat sich aber gezeigt, dass bereits mit einem handelsüblichen, im Bereich der Vermessung eingesetzten, phasenbestimmenden, Distanzmessgerät "Distomat" der Firma Leica AG
- 30 Messgenauigkeiten im Bereich von Millimetern und Bruchteilen davon, erreicht werden können:

Wenn das am Objekt 22 reflektierte Bündel 57c1 stark divergiert, kann seitlich neben dem zweiten Umlenkelement 65 ein Anteil des Messstrahls 57c1 zum Betrachterauge gelangen. Um eine unnötige Belastung des Betrachterauges und/oder eine Beeinträchtigung der Bildqualität zu verhindern, ist gegebenenfalls vorgesehen, dass der Messstrahl nur fallweise, insbesondere nach Positionsänderungen des Mikroskopes und/oder nach Veränderungen der Objektoberfläche, emittiert wird. Gegebenenfalls wird auch ein Intervallschalter vorgesehen, der die Lichtemission der Lichtquelle 64 periodisch unterbricht. Da auch von den Umlenkelementen 61,65 Störungen des Mikroskop-Strahlenganges ausgehen, sind Ausführungen vorgesehen, bei denen die Umlenkelemente verschiebbar angeordnet sind und erst bei Bedarf in den Strahlengang des Mikroskops bewegt werden.

Gegebenenfalls wird zur Reduktion des zum Betrachter gelangenden Lichtes aus der Lichtquelle 64 ein Farbfilter vorgesehen. Das Filter ist bevorzugt sehr schmalbandig und filtert gerade nur den Wellenlängenbereich des Messstrahls 57c1, der z.B. im Infraroten liegt heraus.

Fig.2 zeigt eine Ausführungsform, bei der die Lichtquelle und der Lichtsensor für die Distanzbestimmung in einem Distanzmesssystem 69 räumlich zusammengefasst sind und von wo aus das Messlicht via Lichtleiter zu dem Einkoppel-, bzw. Auskoppelendstück 63a und 63b geführt wird. Es wird Laserlicht verwendet, dessen Strahl 57c zwischen dem Objekt und dem Mikroskop durch das erste Umlenkelement 61 eingekoppelt wird. Dabei ist das Umlenkelement 61 an einer Trägerplatte 41c befestigt und liegt etwas versetzt neben der optischen Achse 7. Der am Objektdetail 22a reflektierte Strahl 57c1 wird vom zweiten Umlenkelement 65 gegen das mit dem Sensor verbundene Lichtleiter-Endstück 63b gerichtet. Das zweite Umlenkelement 65 ist ebenfalls an der Trägerplatte 41c in Analogie zu Umlenkelements 61 angeordnet.

Das Messsystem 69 ist über mindestens eine Leitung 68 mit dem Mikroprozessor 44 verbunden. Der Mikroprozessor 44 erhält nebst der Distanzinformation vom Messsystem 69 auch alle Mikroskopdaten. So ist beispielsweise über eine Verbindung 70 die Verstellvorrichtung 49c für die Mikroskopoptik steuerbar und deren aktuelle Einstellung abrufbar. Nach dem Bestimmen der Objektdistanz kann somit

die Mikroskopoptik auf die bestimmte Distanz optimal fokussiert nachgeregelt werden. Die Fokussierung kann aber auch um eine gewünschte Differenz über oder unter der Objektdistanz eingestellt werden, was oft bei medizinischen Applikationen unabdingbar ist.

5

Da die durch das Mikroskop beobachtete Objektoberfläche zuweilen schlecht interpretierbare Strukturen aufweist, ist es dann zweckmässig, Informationen anderer bildgebender Verfahren, wie etwa MRI- oder Röntgendaten, dem betrachteten Objekt metrikgetreu zuordnen zu können. Dazu müssen nebst der Distanz zwischen Mikroskop und Objekt auch die Position und Ausrichtung des Mikroskopes sowie dessen Vergrößerung und Lage der Fokalebene erfasst werden. Zur Bestimmung von Vergrößerungsdaten ist eine Vergrößerungsmesseinheit 71 vorgesehen, die vorzugsweise die optische Ablenkung mindestens eines durch die Mikroskopoptik führenden Lichtstrahles erfasst. Zum Erfassen der Position und Ausrichtung des Mikroskopes und/oder des Objektes ist mindestens ein Positions-

10

15

Bestimmungssystem 72a, 72b vorgesehen.

Der Prozessor 44 ist mit der Vergrößerungsmesseinheit 71, dem Positions-

20

Bestimmungssystem 72 und über ein Bilddaten-Übertragungsmodul 47 mit einem Fremdbilddateninput 48 verbunden.

Fig.3 zeigt eine Ausführung mit einem Interferometer, das ein teilweise kohärentes Strahlenbündel 57c von einer Lichtquelle 64a über ein Umlenkelement 61a im wesentlichen koaxial zur optischen Achse durch einen halbdurchlässigen Spiegel 74 zum Objektdetail 22a führt. Ein Teil des Strahlenbündels 57c wird vom halbdurch-

25

lässigen Strahlteiler 74 quer zur optischen Achse über eine Abgleichstrecke zu einem verstellbaren Reflektor 75 gelenkt. Der am Objekt reflektierte und der am Reflektor reflektierte Teilstrahl gelangen durch den halbdurchlässigen Strahlteiler 74 unter Ablenkung, bzw. gerade, zu einem Detektor 76. Mittels eines elektromechanischen Verstellelements 77 wird der Reflektor 75 verstellt, bis es zur Ausbildung von Interferenzmustern in der Detektor ebene kommt. Zur Steuerung und Auswertung der Interferenzmessung ist eine Interferometersteuerung 78 mit dem Detektor 76, dem Verstellelement 77 und dem Laser 64a verbunden. Die Verstellung des Reflektors 75 entspricht einem Längenabgleich und kann zur Bestimmung

30

der Objektlage verwendet werden. Die ermittelte Distanz ist von der Interferometersteuerung 78 über eine Verbindung dem Prozessor 44 zuführbar.

Da der Messbereich 67a des Interferometers eingeschränkt ist, ist vorzugsweise
5 noch eine Grobmessvorrichtung, insbesondere ein Distanzmesssystem 69 mit direkter Phasenmessung eines modulierten Signals vorgesehen. Die Lichtleiterendstücke 63a, 63b sind in der dargestellten Ausführung in einem spitzen Winkel zur optischen Achse 7 ausgerichtet. Im Prozessor 44 werden die Messwerte des Messsystems 69 und des Interferometers 73 zu einer äusserst genauen Angabe
10 der Distanz kombiniert.

Fig.4 zeigt schematisch die Meßanordnung in Verbindung mit einer mikroskopischen Anordnung mit zwei Hauptobjektiven 8c und 8d (Greenough), ohne gemeinsames Hauptobjektiv. Über die Einkoppeloptik Xa gelangt ein Meßstrahlbündel 57c
15 von einer Lichtquelle X direkt oder über ein Endstück X eines zwischengeschalteten Lichtleiters vorzugsweise parallel und symmetrisch zur optischen Achse 7 zum Objekt 22A. Das Streulicht wird über Spiegel 65 und Auskoppeloptik Ya einem Detektor Y direkt oder einem Endstück Y eines weiteren Lichtleiters zugeführt.

20 Fig.5 zeigt einen Laser 56, der über einen justierbaren Strahlenteiler 32a in die Mikroskopoptik 8, 13 umgelenkt wird. Aus der Mikroskopoptik 8, 13 gelangt der Strahl 57a über einen Strahlenteiler 4c auf einen Messarray 45a. Zum Bestimmen der Vergrößerung, bzw. der Lage der Fokalebene, werden die Strahlenpositionen auf dem Messarray 45a und die entsprechenden Positionen des Einblendelementes 32a verwendet. Um mögliche vom Messstrahl ausgehende Störungen zu minimieren wird der Laser 56 über einen Intervallschalter 43 gesteuert. Die Auswertung der Positionsdaten erfolgt in einem Mikroprozessor 44a. Die oben beschriebenen Komponenten werden durch Verbindungsleitungen 50a und 50c miteinander verbunden.

30

Die Distanzbestimmung erfolgt über ein Distanz-Messsystem 69, von dem Lichtleiter zu den Endstücken 63 und 63' führen. Es wird Laserlicht verwendet, dessen Strahl 57c zwischen dem Objekt und dem Mikroskop gegen das erste Umlenkele-

ment 61 eingespiessen wird. Der am Objektdetail 22a reflektierte Strahl wird vom zweiten Umlenkelement 65 gegen das mit dem Sensor verbundene Lichtleiter-Endstück 63' umgelenkt. Das Distanz-Messsystems 69 ist mit dem Prozessor 44a verbunden, so dass dieser aus den Distanzwerten und den Vergrößerungswerten auf dem untersuchten Bildausschnitt reale Positionen bestimmen kann.

Fig.6 zeigt eine dünne Glasplatte, eventuell antireflexionsbeschichtet, die ein oder mehrere kleine Einblendelemente trägt, die derart knapp an Linsen, Hauptobjektive etc. herangeschoben werden können und nur mehr partielle - in der Regel vernachlässigbar kleine - optische Störungen verursachen. Die in den übrigen Figuren dargestellte Einblendelemente können durch solche ersetzt werden. Diesbezüglich wird nochmals ausdrücklich auf die am selben Tag eingereichte PCT-Patentanmeldung verwiesen, deren Lehre betreffs der Einblendelemente als hierin geoffenbart gilt.

15

Eine Variante in Kombination mit einer Positionserfassung gemäss den Patentansprüchen 20 bis 26 der erwähnten PCT-Patentanmeldung ist bevorzugt. Die entsprechenden Figuren und die zugehörigen Figurenbeschreibungsteile gelten als hierin geoffenbart.

20

Weitere Einzelheiten und Varianten sind in den Patentansprüchen beschrieben bzw. gekennzeichnet.

Bezugszeichenliste

Diese Bezugszeichenliste enthält auch Bezugszeichen von Figuren, die in den oben erwähnten Anmeldungen beinhaltet sind, da diese, bzw. die durch diese Bezugszeichen angeführten Merkmale und deren entsprechenden Beschreibungs- und Zeichnungsteile, wie erwähnt als im Rahmen dieser Erfindung liegend zu Kombinationszwecken mitgeoffenbart gelten. Insbesondere betrifft dies die Mikroskope mit speziellen Strahlengängen und Strahlenteilern und die Vorrichtungen zum Messen der Vergrößerung und des Abstandes vom Mikroskop zum Objekt.

10

- 1 erster Strahlengang; a,b
- 2 zweiter Strahlengang (geometrisch übereinander gelegte erste Strahlengänge); a,b
- 3 mechanooptisches Schaltelement
- 15 3a-c undurchlässige und vorzugsweise verspiegelte Blende
- 3d LCD-Shutter-Element
- 3e mikromechanische Lamellenspiegelkonstruktion
- 3f LCD Wechselshutterelement
- 4 Strahlenteiler
- 20 4a,b Strahlenteiler
- 4c Strahlenteiler für Messstrahlausblendung 4c1, 4c2
- 5 Scheibe
- 5a halbkreisförmige Fläche -
- 5b Restfläche der Scheibe 5
- 25 5c Kreissegmentflächen
- 6 Achse für Scheibe
- 7 Mittelachse
- 7a,b Mittelachse
- 8 Hauptobjektiv

- 8a Hauptobjektiv
- 8b Hauptobjektiv mit 8a vertauschbar (unterschiedliche Brennweiten)
- 8c Hauptobjektiv
- 8d Hauptobjektiv
- 5 9 elektronische Bildaufnahmevorrichtung
- 10 Display
- 10a Display
- 11 Spiegel; a,b
- 12 Verstelleinrichtung; a-c
- 10 13 Zoom
- 14 Motor; a,b
- 15 Reziprokantrieb
- 16 Zuleitung
- 17 Lichtquelle
- 15 18 Okular
- 19 Umlenkspiegel
- 20 Schubstange
- 21 starrer Spiegel
- 22 Objekt
- 20 22a Objektdetail
- 22A Objektdetail
- 23 Planplatte; a-d,a',b'
- 24 Schwenkantrieb
- 25 Gestänge
- 25 30 Lamellenspiegel von 3e
- 31 Tubuslinse
- 32 Einblendelement

- 32a Strahlenteile
- 32b Spiege
- 32c zweites Einblendeelement
- 33 Vergrößerungsoptik
- 5 34 Pfeile
- 35 weiterer Spiegel
- 36 Stellantrieb
- 37 Balken
- 38 Umlenkspiegel; a,b
- 10 39 Retroprisma
- 40 Ausgleichsgewicht
- 41 Trägerplatte; a-c: prismatische mit integriertem Spiegel
- 42 Farbfilter; a-f
- 43 Intervallschalter
- 15 44 Mikroprozessor
- 45 Messarray; a
- 46 Referenzarray; a
- 47 Modul für Bilddatenübertragung
- 48 Fremdbilddateninput
- 20 49 Stellmotor für Zoom 13; a,b
- 50 Verbindungsleitungen; a-g
- 51 Vergrößerungsanzeige; a-c
- 52 Kurvenscheibe
- 53 Kopplung
- 25 53a zwischen Stellmotor 49b und Zoom 13 bzw. zwischen 49 und 52
- 53b zwischen Kurvenscheibe 52 und Vergrößerungsanzeige 51b
- 54 mechanischer Abgriff

- 55 Zeiger; a,b
- 56 Laser
- 57 Messstrahl; a-c,c1
- 58 Referenzstrahl
- 5 59 Pfeile für Verschiebbarkeit des Einblendelementes 32
- 60 Mikroskopstrahlengang a-e
- 61 erstes Umlenkelement; a
- 62 Fokussierelement; a,b
- 63 Lichtleiterendstück; a,b
- 10 64 Lichtquelle; a
- 65 zweites Umlenkelement
- 66 Sensor
- 67 Distanzbereich; a
- 68 Verbindungsleitung
- 15 69 Distanzmesssystem
- 70 Verbindung
- 71 Vergrößerungsmesseinheit
- 72 Positionsbestimmungssystem; a,b
- 73 Interferometer
- 20 74 halbdurchlässiger Spiegel
- 75 Reflektor
- 76 Detektor
- 77 elektromechanisches Verstellelement
- 78 Interferometersteuerung
- 25 79 Gitter
- 80 Detektor-CCD
- 81 Stufen

- 82 Mikroskop
- 83 Anordnung zur Vergrößerungsmessung des Mikroskopes
- 84 Anordnung zur Entfernungsmessung Objekt/Mikroskop
- 85 Positionsmesssystem zur Bestimmung der Absolutlage des Mikroskopes im
- 5 Raum um daraus nach Kenntnis der Entfernung Objekt/Mikroskop auch auf die
Lage des Sehfeldes am Objekt schliessen zu können
- 86 Toolbox für verschiedene Anwenderprogramme
- 87 Befehlsteuerorgan (Computermouse)
- 88 Befehlsteuerorgan zur Bewegungssteuerung des Mikroskopes (z.B. Fuss-
- 10 schalter)
- 89 Datenaufbereitungseinheit
- 90 Computer (Workstation)
- 91 Steuerschalter für Mikroskop
- 92 elektromechanische Steuereinheit für Mikroskop (Zoom, Fokus etc.)
- 15 93 Leuchtdioden; a-c
- 94 Glasfasern; a-c
- 95 Enden der Glasfasern; a-c
- 96 IR-Rezeptoren; a-c
- 97 Mikroskopständer
- 20 98 Rückkopplung
- 99 Zuleitungen; a-c
- 100 Reflektoren mit spezieller Oberfläche
- b Abstand der Messstrahlen 57a und 57b
- b' Abstand der Messstrahlen 57a und 57b am Messarray
- 25 d1,2 Stereobasis
- X Lichtquelle oder Endstück eines zwischengeschalteten Lichtleiters
- Xa Einkoppeloptik
- Y Detektor oder Endstück eines Lichtleiters
- Ya Auskoppeloptik

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Lage eines Objektdetails (22a) relativ zu einem Mikroskop in der Richtung der Mikroskop-Mittelachse (7), bei dem wenigstens ein
5 Messsignal mit einem Referenzsignal verglichen wird, wobei wenigstens das Messsignal ein Lichtbündel entlang eines Lichtweges (57c) von einer dem Mikroskop zugeordneten Quelle (64) zum Objektdetail (22a) umfasst, welches Bündel von der Quelle (64) auf das Objektdetail (22a) gerichtet wird, dort umgelenkt (reflektiert oder gestreut) wird, wobei das umgelenkte Lichtbündel wenigstens teil-
10 wise einer Empfangseinheit mit wenigstens einem Sensor (66) zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtweg (57c) in die Nähe der Mikroskopmittelachse (7) und seine Achse wenigstens annähernd parallel dazu gelegt wird, und dass die Empfangseinheit optisch und/oder elektronisch mit der Quelle (64) verbunden wird, wobei das am Sensor (66) in der Empfangseinheit detektierte Licht
15 aus dem Lichtbündel mit dem von der Lichtquelle (64) abgegebenen Licht verglichen und/oder zusammengeführt wird, worauf aus allfälligen Laufzeitunterschieden insbesondere von dem Lichtbündel überlagerten Lichtpulsen bzw. Modulationen und/oder aus auftretenden Interferenzen bzw. Interferenzerscheinungen wenigstens eine vom Unterschied der beiden Signale abhängige Grösse bestimmt wird
20 und diese zum Ableiten der Relativlage zwischen dem Mikroskop und dem Objektdetail (22a) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das von der Quelle (64) emittierte Lichtbündel zeitlich moduliert wird, in der Empfangseinheit
25 das einfallende Licht dem Sensor (66) zugeführt wird, um die Modulation zu erkennen, worauf elektronisch direkt die Phasenverschiebung zwischen den abgehenden Lichtpulsen aus der Quelle (64) und den am Sensor (66) ankommenden Lichtpulsen gemessen wird, um daraus die entsprechende Relativlage zu ermitteln, wobei bei dieser Ermittlung vorzugsweise allfällige Lichtgeschwindigkeitsunterschiede
30 in allfälligen Glasbauteilen des Mikroskopes als konstanter Wert rechnerisch mitberücksichtigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation bzw. Kodierung des Lichtbündels durch die vorzugsweise sinusförmige,

gegebenenfalls aber dreiecksförmige, Modulation der Lichtquelle, vorzugsweise eines Lasers, gegebenenfalls aber einer LED.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation mit einer Frequenz von mindestens 10 MHz, vorzugsweise aber zwischen 30 MHz und 200 MHz, insbesondere mit etwa 50 bis 100 MHz erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtbündel zumindest einen Strahl umfasst, der auf einen Punkt oder gegebenenfalls sukzessive hintereinander auf mehrere Punkte am Objektdetail gerichtet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtbündel zumindest einen Strahl umfasst, der eine zur Erzeugung von Interferenzmustern genügende, jedoch nach oben eingeschränkte Kohärenzlänge hat und dass die Lage des Objektdetails durch das Kohärenzabgleichen eines Interferometers bestimmt wird, wobei vorzugsweise die Speisung der Lichtquelle variiert wird, um dadurch eine willkürliche Veränderung der Kohärenzlänge und damit des gewünschten Empfindlichkeit zu erzielen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vergrößerung des Messbereichs zusätzlich mindestens ein Grobeinstellungs-, bzw. Grobmessschritt vorgesehen ist, der beispielsweise eine Triangulationsmessung, ein mechanisches Abtasten bzw. optisches Ablesen umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl für ein modulierte Lichtsignal eine Phasenbestimmung der Lage als auch für ein Lichtsignal (vorzugsweise dasselbe) ein Interferenzabgleich zur Bestimmung der Lage durchgeführt wird und die beiden Lagebestimmungen zusammen zur Relativlagenbestimmung verwendet werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass neben der Distanzbestimmung zwischen Mikroskop und Objektdetail (22a) auch Distanz-, vorzugsweise aber Positionsbestimmungen, auf dem betrachteten Objekt (22) vorgesehen sind, die von Daten über die Fokalebene und die
5 Vergrößerung des Mikroskopes, vorzugsweise aber auch von Positionsdaten des Mikroskopes, ausgehen, wobei zur Bestimmung der Vergrößerungsdaten die Messung der optischen Ablenkung mindestens eines durch die Mikroskopoptik führenden Lichtstrahles vorgesehen ist.

10

10. Vorrichtung zur Ermittlung der Lage eines Objektdetails (22a) relativ zu einem Mikroskop in der Richtung der Mikroskop-Mittelachse (7), mit wenigstens einer Einrichtung zur Erzeugung eines Messsignals und eines Referenzsignals und wenigstens einer Einrichtung zum Vergleichen der beiden Signale, wobei wenigstens
15 das Messsignal ein Lichtbündel entlang eines Lichtweges (57c) von einer dem Mikroskop zugeordneten Quelle (64) zum Objektdetail (22a) umfasst, welches Bündel von der Quelle (64) auf das Objektdetail (22a) richtbar ist, um dort umgelenkt (reflektiert oder gestreut) zu werden, wobei wenigstens einem Teil des umgelenkten Lichtbündels eine Empfangseinheit mit wenigstens einem Sensor (66) zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtweg (57c) in die Nähe der Mikroskopmittelachse (7) und seine Achse wenigstens annähernd parallel dazu angeordnet ist, und dass die Empfangseinheit optisch und/oder elektronisch mit der
20 Einrichtung zur Erzeugung des Messsignals verbunden ist, wobei im Betriebszustand das am Sensor (66) in der Empfangseinheit detektierte Licht aus dem Lichtbündel mit dem von der Lichtquelle (64) abgegebenen Licht verglichen und/oder zusammengeführt wird, und eine Analyseeinheit, z.B. ein Mikroprozessor (44) vorgesehen ist, deren Gestaltung bzw. dessen Programmierung aus allfälligen Laufzeitunterschieden, insbesondere von dem Lichtbündel überlagerten Lichtpulsen bzw. Modulationen und/oder aus auftretenden Interferenzen bzw. Interferenzerscheinungen wenigstens eine vom Unterschied der beiden Signale abhängige
25 Grösse bestimmbar macht und diese zur Bestimmung der Relativlage zwischen dem Mikroskop und dem Objektdetail (22a) verwendet.

30

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (66) als Phasenbestimmungssensor ausgebildet ist und mindestens eine Grösse bestimmbar macht, die von der Phasenverschiebung zwischen von der Lichtquelle (64) emittiertem und am Sensor ankommendem Licht abhängt.

5

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die Lichtquelle (64), bzw. ein mit der Lichtquelle (64) verbundenes Lichtleiterstück (63a), quer zur Mikroskopmittelachse (7) angeordnet ist und im Betriebsfall ein Lichtbündel (57c) im wesentlichen gegen die Mittelachse (7) ausstrahlt,

10

b) mindestens ein erstes Umlenkelement (61), vorzugsweise im Bereich der Mittelachse (7), so vorgesehen ist, dass zumindest ein Teil des Lichtbündels (57c) im wesentlichen parallel zur Mittelachse (7) gegen das Objekt (22) umgelenkt wird,

15

c) mindestens ein zweites Umlenkelement (65), so vorgesehen ist, dass zumindest ein Teil des reflektierten bzw. gestreuten Lichtbündels (57c1) quer zur Mittelachse (7) gegen den Sensor (66), bzw., gegen ein mit dem Sensor (66) verbundenes Lichtleiterstück (63b), umgelenkt wird.

20

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das zweite Umlenkelement (61,65) zwischen dem Objekt (22) und der Mikroskopoptik (8,13), gegebenenfalls im Bereich der Mikroskopoptik (8,13), oder hinter der Mikroskopoptik (8,13) angeordnet ist, wobei gegebenenfalls wenigstens ein Glasbauteil dieser Optik (8,13) zur Vermeidung von Reflexionen bzw. Übersprechen wenigstens eine Bohrung oder wenigstens eine Blende aufweist, durch welche das Strahlenbündel lenkbar ist.

25

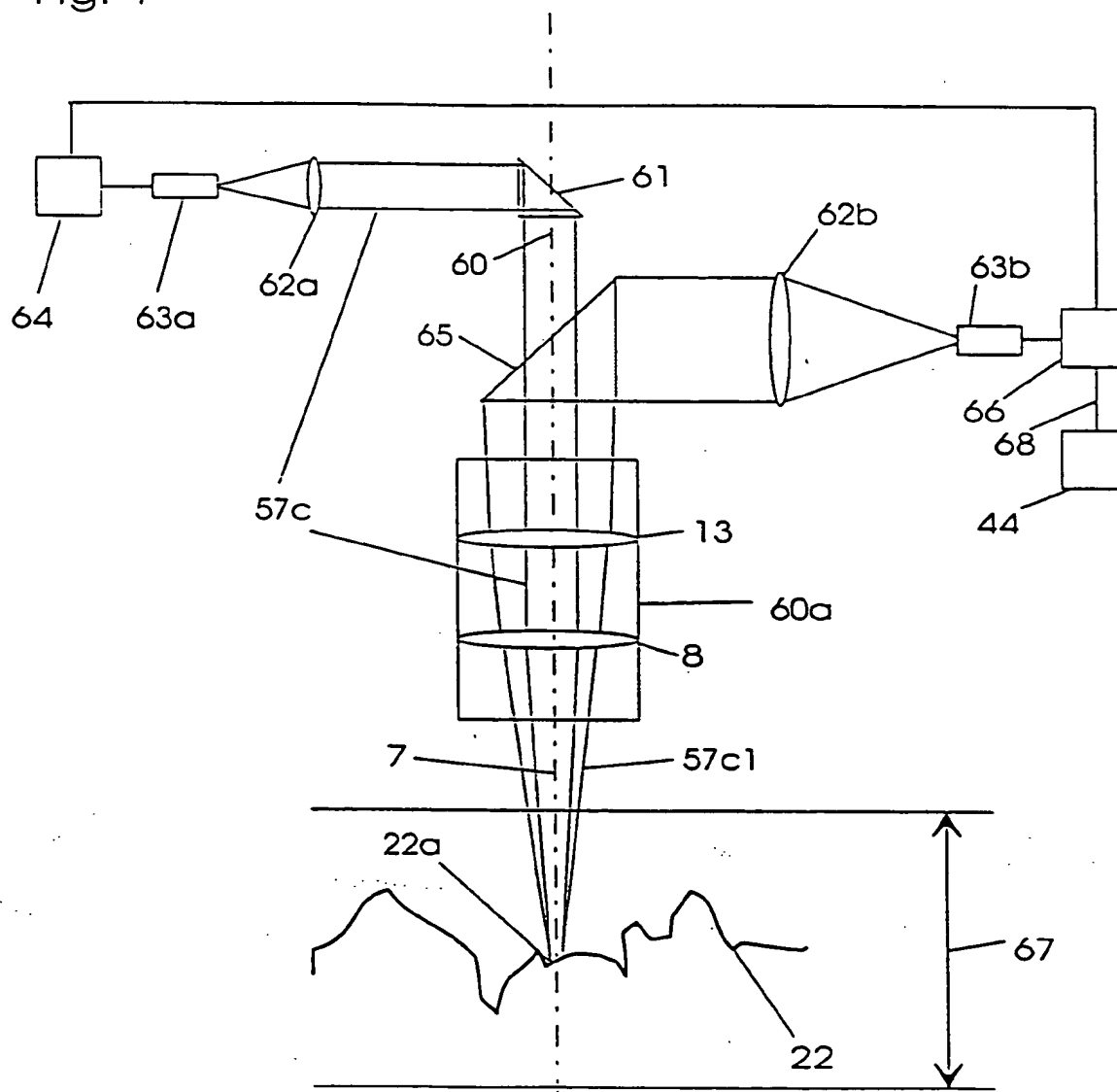
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (64) ein Modulationselement umfasst, das eine Sinus-, oder Dreiecksschwingung mit einer Frequenz von mindestens 10 MHz, vorzugsweise aber zwischen 30 MHz und 200 MHz, insbesondere von etwa 50 bis 100 MHz er-

30

zeugt und der Phasenbestimmungssensor (66) die Phasenverschiebung der Modulationsschwingung des reflektierten Lichtbündels (57c1) direkt erfassbar macht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
5 dass der Sensor (66) als Zweistrahl-Interferometer (73) ausgebildet ist, durch welches die Streckenlänge eines am Objekt (22) reflektierten Laserstrahls (57c) mittels eines Interferenzabgleichs bestimmbar ist.

Fig. 1



2/6

Fig.2.

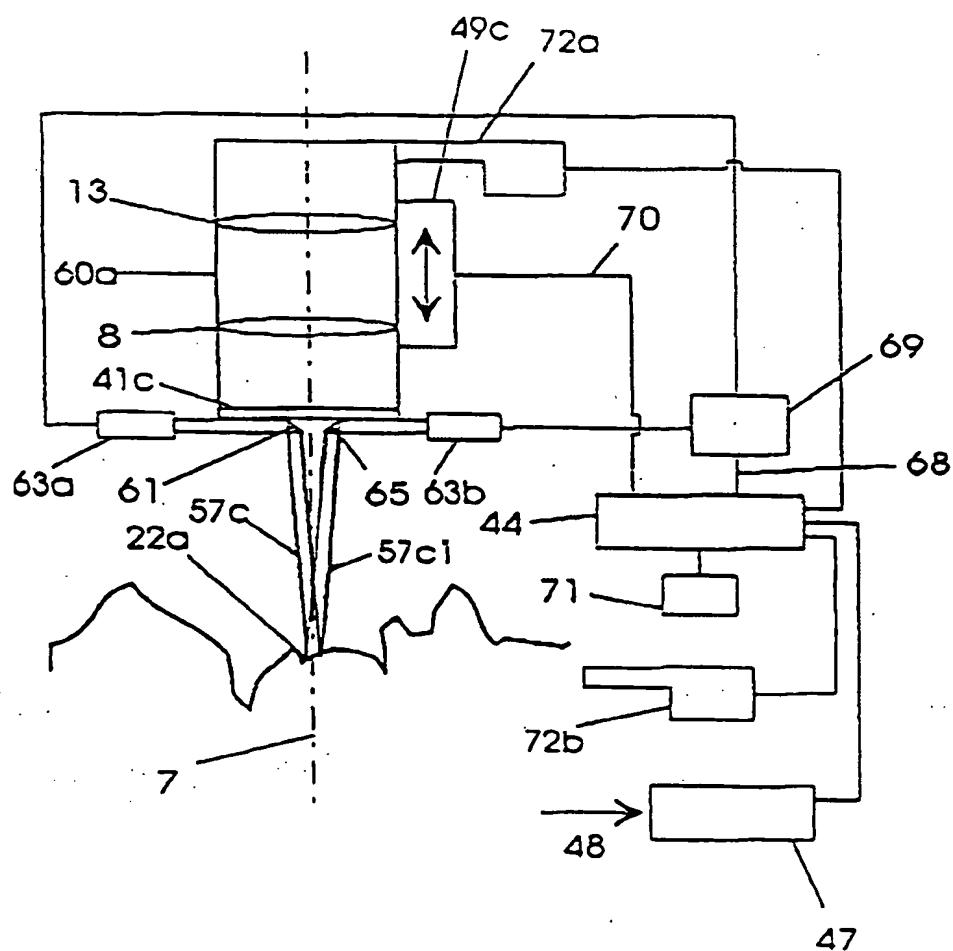
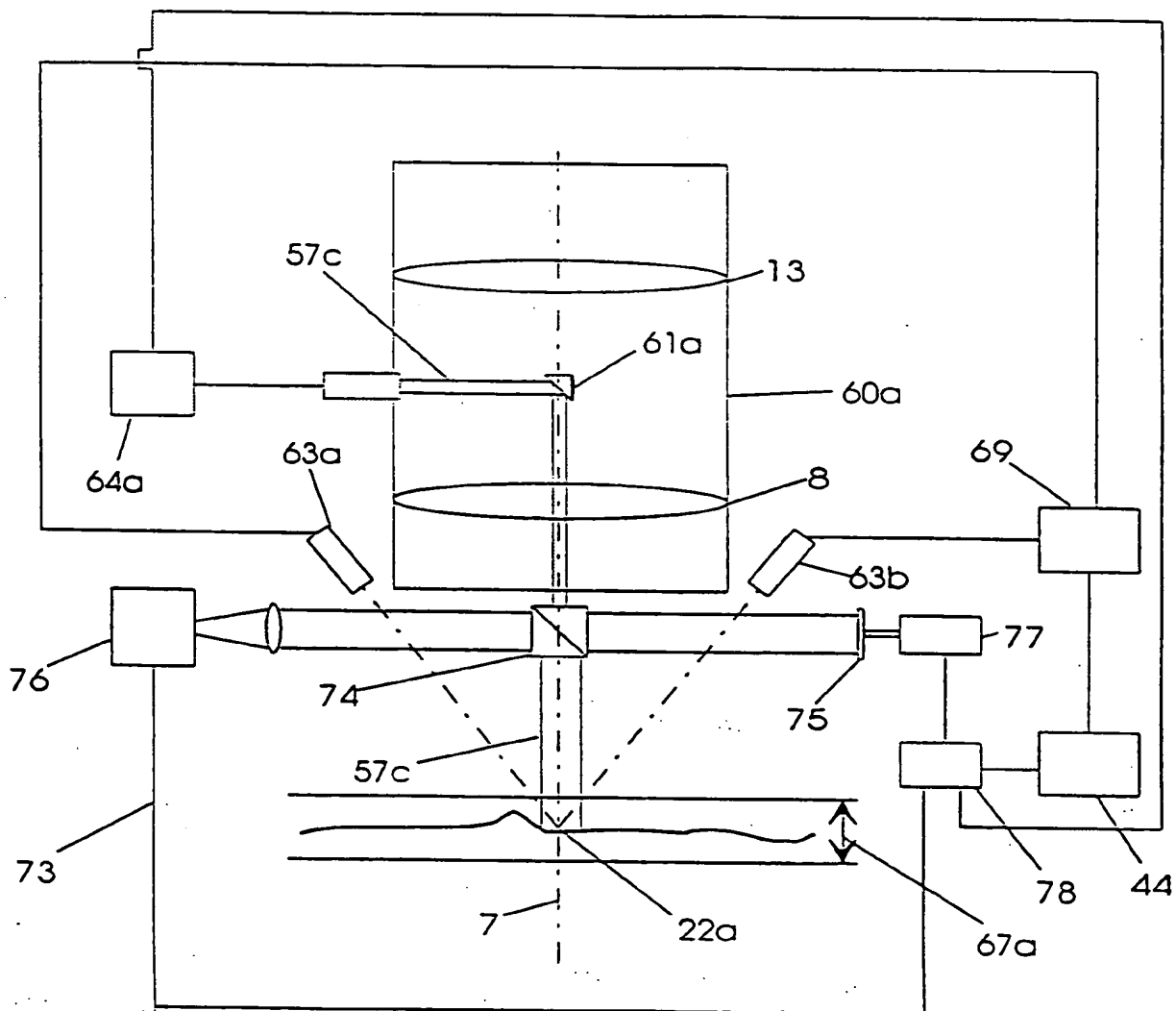
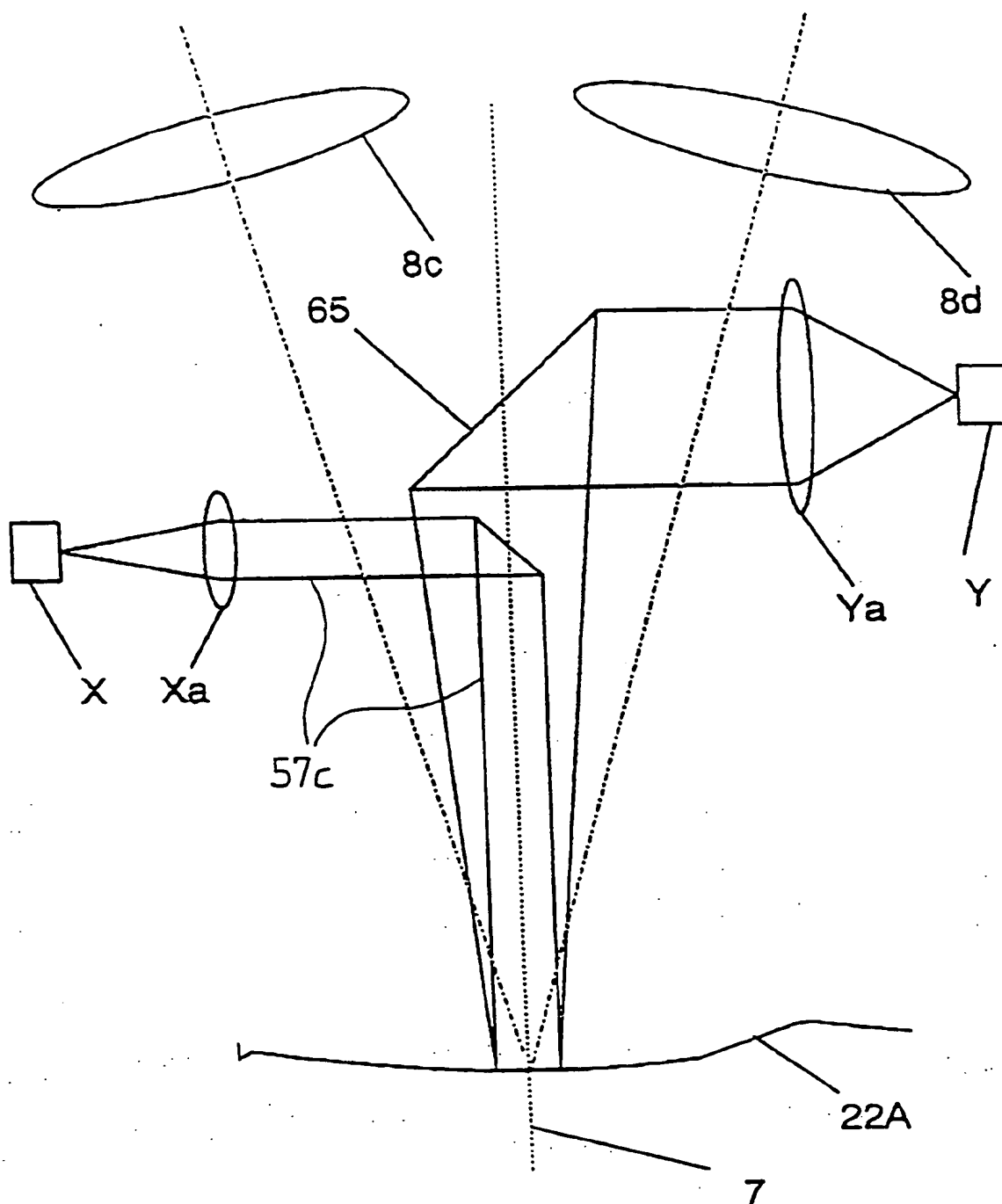


Fig. 3



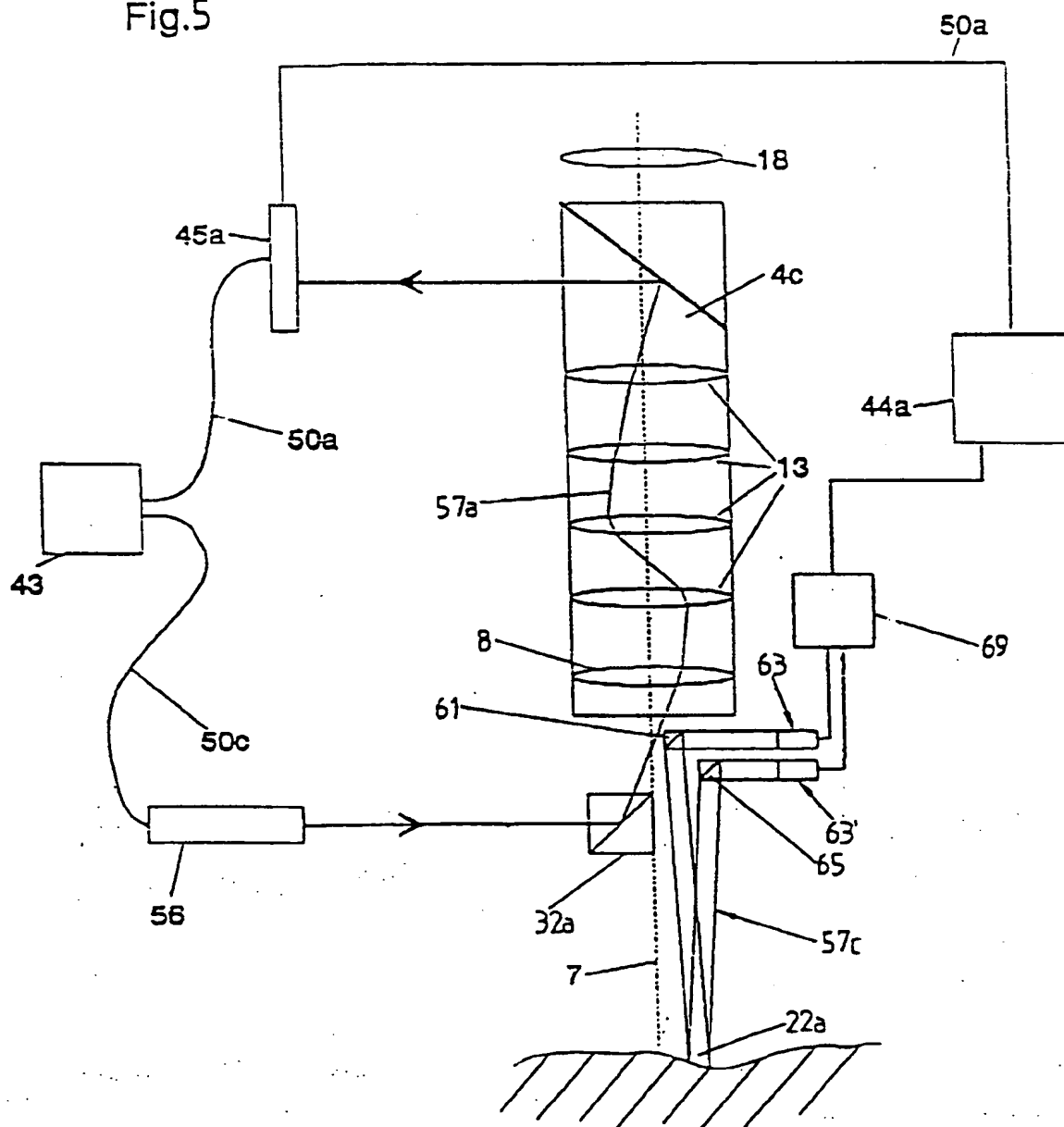
4/6

Fig. 4



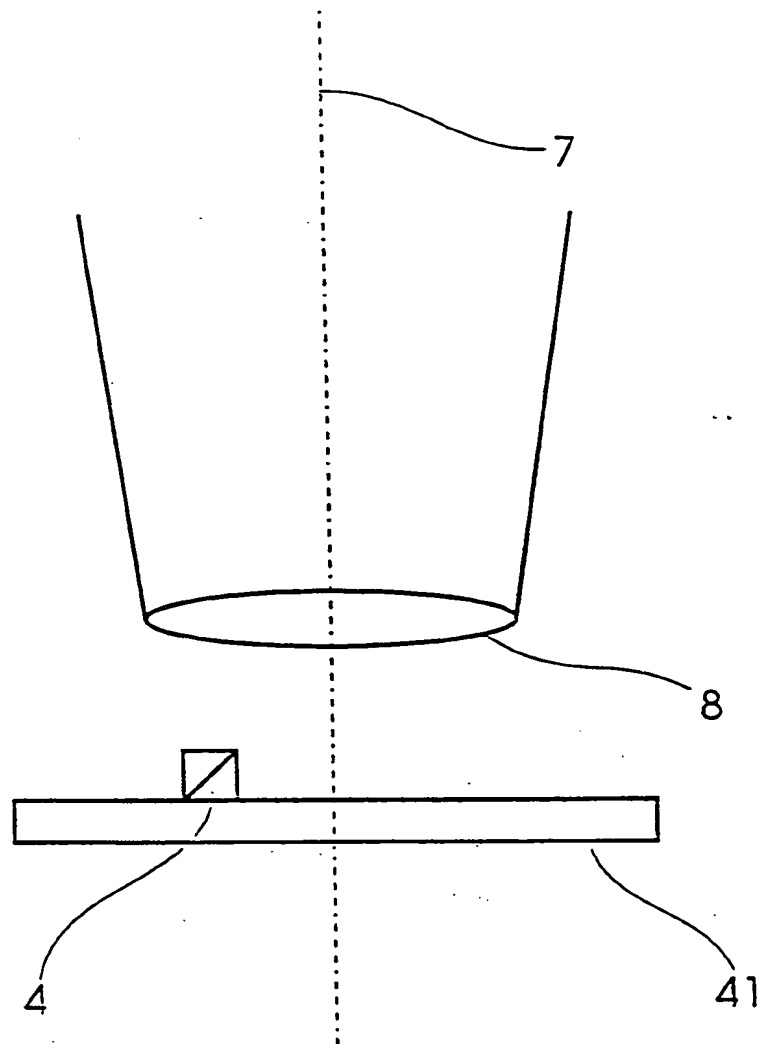
5/6

Fig.5



6/6

Fig.6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 95/01301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G02B21/00 G01B9/02 G01B11/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G02B G01B A61F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE,A,41 34 481 (CARL ZEISS) 22 April 1993 cited in the application see the whole document ----	1,5,7,9, 10,12,13
A	EP,A,0 094 835 (DOWNS) 23 November 1983 see the whole document -----	1-3,5, 10-12
A	WO,A,90 11487 (VEECO INSTRUMENTS) 4 October 1990 see the whole document -----	1,8,10, 15

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 July 1995

Date of mailing of the international search report

21. 07. 95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 95/01301

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-4134481	22-04-93	CH-A- 684291 FR-A- 2682778 JP-A- 5215971 US-A- 5359417	15-08-94 23-04-93 27-08-93 25-10-94
EP-A-0094835	23-11-83	DE-A- 3376139 GB-A, B 2120781 JP-C- 1764010 JP-B- 4029963 JP-A- 58208610 US-A- 4576479	05-05-88 07-12-83 28-05-93 20-05-92 05-12-83 18-03-86
WO-A-9011487	04-10-90	US-A- 5042949 EP-A- 0422150 GB-A- 2239518	27-08-91 17-04-91 03-07-91

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/01301

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G02B21/00 G01B9/02 G01B11/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 G02B G01B A61F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE,A,41 34 481 (CARL ZEISS) 22. April 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ----	1,5,7,9, 10,12,13
A	EP,A,0 094 835 (DOWNS) 23. November 1983 siehe das ganze Dokument ----	1-3,5, 10-12
A	WO,A,90 11487 (VEECO INSTRUMENTS) 4. Oktober 1990 siehe das ganze Dokument -----	1,8,10, 15

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Juli 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21. 07. 95

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ward, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/01301

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-4134481	22-04-93	CH-A- 684291	15-08-94
		FR-A- 2682778	23-04-93
		JP-A- 5215971	27-08-93
		US-A- 5359417	25-10-94
EP-A-0094835	23-11-83	DE-A- 3376139	05-05-88
		GB-A, B 2120781	07-12-83
		JP-C- 1764010	28-05-93
		JP-B- 4029963	20-05-92
		JP-A- 58208610	05-12-83
		US-A- 4576479	18-03-86
WO-A-9011487	04-10-90	US-A- 5042949	27-08-91
		EP-A- 0422150	17-04-91
		GB-A- 2239518	03-07-91